

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ АНТИОКСИДАНТЫ В ЮВЕНИЛЬНЫХ РАСТЕНИЯХ *CALENDULA OFFICINALIS* L.

¹ШИШ Светлана Николаевна, научный сотрудник

¹ШУТОВА Анна Геннадьевна, к.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник

²МАЗЕЦ Жанна Эммануиловна, к.б.н., доцент

¹СПИРИДОВИЧ Елена Владимировна, к.б.н., доцент,
зав. лабораторий прикладной биохимии

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси

²Белорусский государственный педагогический университет им. М.Танка

Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) на растения изучается исследователями разных стран на протяжении 50 лет [1]. Однако механизм его действия до конца еще не выяснен, но уже установлено, что при обработке ЭМИ происходит активизация ферментов в растительной клетке. У растений, выросших из обработанных семян, увеличивается энергия прорастания, лабораторная и полевая всхожесть, повышается продуктивность и устойчивость к неблагоприятным условиям среды, в том числе и биогенного характера [2]. Такая реакция растений на обработку ЭМИ связана с запуском стрессовой реакции и образованием избытка активных форм кислорода (АФК). В первую очередь на воздействие реагирует антиоксидантная система (АОС) растений, включающая низко- и высокомолекулярные компоненты. Поэтому изучение состояния данной системы, а в частности низкомолекулярных антиоксидантов, является важным для понимания механизма влияния ЭМИ на растения.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись ювенильные проростки календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) сорта белорусской селекции 'Махровый 2000' из коллекции хозяйства Большое Можейково. Семена обрабатывали низкоинтенсивным ЭМИ в широком и узком частотных диапазонах режимах: Режим 1 (частота обработки 53,57–78,33 ГГц) с экспозицией обработки 20 минут (P1), 12 минут (P1.1), 8 минут (P1.2) и режим 2 (частота обработки 64,00–66,00 ГГц) с аналогичными экспозициями обработки 20 минут (P2), 12 минут (P2.1), 8 минут (P2.2). Обработку семян проводили в Институте ядерных проблем БГУ на лабораторной установке для микроволновой обработки семян различных сельскохозяйственных культур в широком частотном диапазоне (от 37 до 120 ГГц) с плавной регулировкой мощности от 1 до 10 мВт [3]. Эксперимент проведен в лабораторных условиях. Обработанные и контрольные семена по 100 штук проращивали в растительных на увлажненной фильтровальной бумаге при температуре 20–21 °С в темноте, с третьего дня помещали на интенсивное освещение. Для исследования использовались 7-ми и 14-ти дневные проростки, масса навески 200 мг. Определение количества каротиноидов (КАР), хлорофолла *a* (Хл *a*) и *b* (Хл *b*) проводили по методу, описанному в работе Ермаковой [4,

с.107]. Уровень фенольных соединений (ФС) измеряли с реактивом Фолина-Чокальтеу при длине волны 730 нм [5] на спектрофотометре Agilent 8453. Полученные результаты были обработаны с помощью статистического пакета программ M.Excel и Stadia 8.0.

Результаты и их обсуждение. Изучение влияния ЭМИ на содержание фотосинтетических пигментов (Хл *a* и Хл *b*, а также каротиноидов) и на соотношение их между собой, является значимым для понимания особенностей процесса фотосинтеза в подвергшихся воздействию растений. Так как данные пигменты не только определяют интенсивность протекания световых реакций, но и выступают низкомолекулярными антиоксидантами и способны повышать защитные свойства растений во время окислительного стресса, который может возникать после воздействия ЭМИ. Показано, что уровень каротиноидов в 7-ми дневных проростках при обработке ЭМИ на 42–82% ниже контрольного значения. Это говорит о том, что каротиноиды нейтрализуют АФК, образовавшиеся в результате сдвигов метаболических процессов в семени под влиянием ЭМИ. По мере роста к 14 дню наблюдений происходит восстановление уровня каротиноидов до контрольного значения и выше, за исключением P1.2, где отмечено падение на 62,6% (рис.1). Это, вероятно, свидетельствует о снижении стрессовой нагрузки, или о том, что включаются другие компоненты АОС.

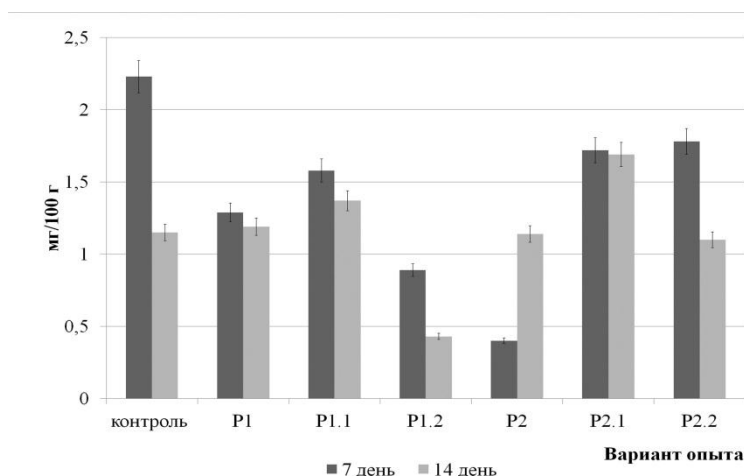


Рисунок 1 – Динамика уровня каротиноидов в ювенильных проростках календулы

В отличие от каротиноидов, суммарное содержание хлорофиллов при всех режимах обработки ЭМИ выше контрольных в 7-ми и 14-ти дневных проростках (кроме P1 и P1.2). Отмечено также изменение соотношения хлорофилла Хл *a* и Хл *b* между собой у обработанных растений. Так в 7-ми дневных проростках растет доля Хл *a* (кроме P1, P2.2) относительно значений контроля, а в 14-ти дневных проростках – Хл *b* (кроме P1, P2.1) (рис. 2).

Также проведена оценка уровня ФС, отмечено, что их роль как антиоксидантов возрастает к 14 дню от 15 до 108% относительно контроля (рис.2 Б). В 7-ми дневных проростках уровень ФС выше контрольного значения в P1 и P1.1 на 22 и 80% соответственно и ниже в P2.1 на 26% относительно контроля (рис. 2.А).

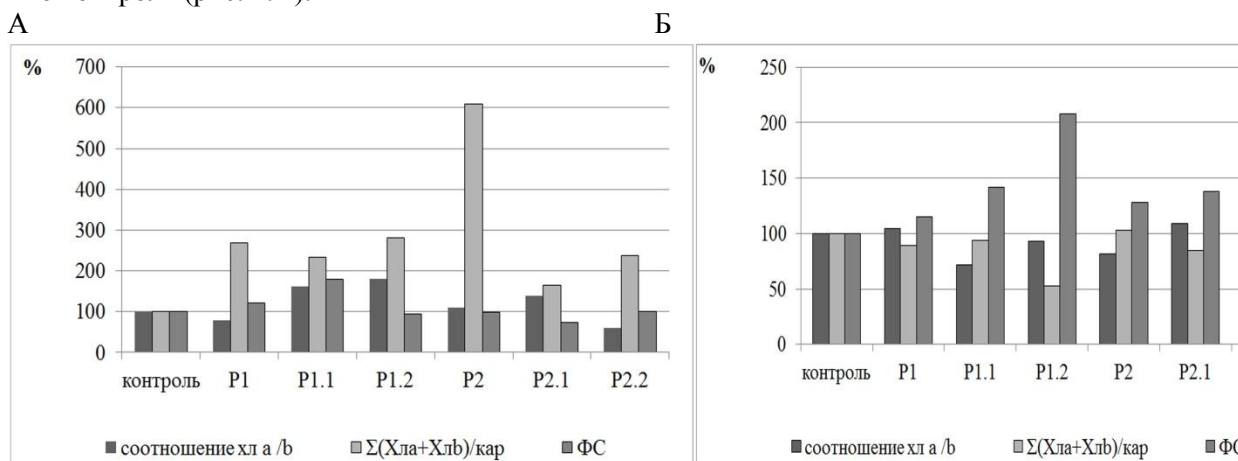


Рисунок 2 – Влияние ЭМИ на соотношение хлорофиллов и каротиноидов, количество ФС в 7-ми и 14 дневных проростках *C. officinalis* L

Таким образом, установлено, что в результате воздействия ЭМИ происходит активизация антиоксидантных свойств каротиноидов в 7-ми дневных проростках и возрастание роли ФС в качестве антиоксидантов к 14-му дню. Под действием ЭМИ происходят сдвиги в соотношении фотосинтетических пигментов. Р1.2 оказывает негативное влияние на количество Хл и КАР, которое нарастает к 14 дню и проявляется в снижении уровня Хл *a* и Хл *b*, соотношения всех фотосинтетических пигментов и возрастании уровня ФС в 2 раза относительно контроля.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Конвергенция – 2020».

Список использованных источников

1. Шиш, С.Н. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона низкого уровня мощности на целостность семян календулы лекарственной / С.Н. Шиш // прил. к журн. «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі». Серия биологических наук – Минск: Беларуская навука. – Ч. 4. – 2015. – С. 135-139.
2. Фирсов, В.Ф. Использование физических факторов и микроэлементов в повышении болезнеустойчивости и продуктивности возделываемых культур / В.Ф. Фирсов, В.В. Чекмарев, В.А. Левин // Вопросы современной науки и практики. – Университет им. В.И. Вернадского. – 2005. – №. 1. – С. 19-26.
3. Карпович, В.А. Патент РБ №5580 Способ предпосевной обработки семян овощных или зерновых культур/ В.А Карпович, В.Н. Родионова. – Выд. 23.06.2003 г.
4. Ермакова, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермакова. – Ленинград: ВО «Агроиздат», 1987. – С. 101-111.
5. Wang, M. Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.) / M. Wang [et. al.] // Journal of agricultura and food chemictry. – 2003. – Vol. 51, №3. – P. 601-608.